

## Beschreibung

## Metall-Kunststoff-Hybrid und daraus hergestellter Formkörper

- 5 Die Erfindung betrifft ein Metall-Kunststoff-Hybrid sowie einen daraus hergestellten Formkörper.

- Für viele Anwendungen von Kunststoffen in der Elektronik/Elektrotechnik wird eine elektrische und/oder elektromagnetische und/oder thermische Leitfähigkeit gefordert. Es gibt heute eine Vielzahl von Kunststoffcompounds, die einen Bereich des spezifischen Durchgangswiderstandes von  $10^{10} \Omega\text{cm}$  bis  $10^{-1} \Omega\text{cm}$  abdecken. Wenige Spezialprodukte, die z.B. Kohlefaser als Füllstoff beinhalten, erreichen ca.  $2 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$ .
- 10 Als elektrisch leitende Füllstoffe werden z.B. Ruß, Kohlefasern, Metallpartikel, Metallfasern oder intrinsisch leitfähige Polymere eingesetzt. Es sind aber bisher keine thermoplastischen Compounds bekannt, die einen spezifischen Durchgangswiderstand von kleiner  $10^{-2} \Omega\text{cm}$  haben und z.B. im Spritzgießverfahren verarbeitbar sind.
- 15
- 20

- Um einen Isolator wie Kunststoff leitfähig einzustellen, werden über elektrisch leitfähige Füllstoffe durchgängige Leitpfade geschaffen, d.h. die leitfähigen Partikel berühren sich im Idealfall. Es ist bekannt, dass sich ein leitendes Netzwerk im Kunststoff am besten mit dem Einbringen von Metall- oder Kohlefasern realisieren läßt. Je länger dabei die Faser ist, desto geringer ist der Gewichtsanteil an Faser, der für eine bestimmte Leitfähigkeit benötigt wird. Allerdings wird
- 25
- 30 mit zunehmender Faserlänge auch die Verarbeitung problematischer, da die Viskosität des Compounds stark ansteigt. So sind am Markt erhältliche Compounds mit einer Stahlfaserlänge von 10 mm nur bis zu einem maximalen Gewichtsanteil Faser von ca. 25-30 % im Spritzgießverfahren verarbeitbar. Mit kürzeren Fasern lassen sich Compounds mit höheren Gewichtsanteilen Faser noch im Spritzgießprozess verarbeiten, allerdings bringt dies keine Erniedrigung des spezifischen Durchgangswiderstandes.
- 35

des im Vergleich zur Langfaser. Ein ähnliches Verhalten gilt für kohlefaser- und metallpartikelgefüllte Thermoplaste. Ein weiteres Problem ist, dass sich, bedingt durch unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten, bei Temperatureinwirkung das Fasernetz der gefüllten Thermoplaste weitert und die Leitpfade unterbrochen werden.

Es wird auch versucht, nur niedrig schmelzendes Metall (fusable alloys) in Kunststoff einzuarbeiten, dadurch werden aber nur Füllgrade von 40-50 Gew% erreicht, mit einem spezifischen Durchgangswiderstand in der Größenordnung von  $10^5 \Omega \text{cm}$ . Höhere Füllgrade sind ausgeschlossen, wegen der schlechten Kompatibilität und der großen Dichteunterschiede der beiden zu vermischenden Komponenten.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen durch herkömmliche Kunststoffformgebungsprozesse (Spritzguss etc) bearbeitbaren Werkstoff zu schaffen, der eine hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit hat.

Gegenstand der Erfindung ist ein Metall-Kunststoff-Hybrid, das einen Thermoplasten, eine im Bereich zwischen  $100^\circ\text{C}$  und  $400^\circ\text{C}$  schmelzende Metallverbindung und einen elektrisch leitenden und/oder metallischen Füllstoff umfasst. Außerdem ist Gegenstand der Erfindung ein aus einem Metall-Kunststoff-Hybrid hergestellter Formkörper, wobei das Metall-Kunststoff-Hybrid einen Thermoplasten, eine im Bereich zwischen  $100^\circ\text{C}$  und  $400^\circ\text{C}$  schmelzende Metallverbindung und einen elektrisch leitenden und/oder metallischen Füllstoff umfasst.

Völlig überraschend hat sich herausgestellt, dass durch die Kombination einer niedrig schmelzenden Metallverbindung mit einem elektrischen und/oder metallischen Füllstoff bisher noch nie da gewesene Füllgrade an elektrisch leitenden Partikeln oder Fasern und/oder Metall im Thermoplasten realisierbar und stabil herstellbar sind.

Als elektrisch leitfähiger und/oder metallischer Füllstoff kommen alle gängigen elektrisch leitenden Füllstoffe wie Fasern und/oder Partikel aus Metall, Metalllegierungen, (normal- also hochschmelzend, z.B. Kupfer, Stahl etc.) Ruß, Kohlefaser, intrinsisch leitfähige Polymere (z.B. Acetylen, Polythiophen) etc. zum Einsatz. Es können handelsübliche Metallfasern (Kupferfasern, Stahlfasern, etc.) und/oder Kohlefasern eingesetzt werden. Die Länge der Faser liegt bevorzugt zwischen 1 - 10 mm, die Dicke sollte bevorzugt < 100 µm sein. Weiterhin können die leitfähigen Füllstoffe partikelförmig sein z.B. Kugeln, Plättchen oder Flakes etc. Die Größe der Partikel sollte dabei < 100 µm, bevorzugt < 50 µm sein.

Als Thermoplast sind alle am Markt angebotenen Thermoplaste verwendbar, die je nach gefordertem Eigenschaftsprofil ausgewählt werden können.

Als Thermoplast enthält das Metall/Kunststoff-Hybrid beispielsweise (vorzugsweise) eines der folgenden Polymere: Massenkunststoffe wie ein Polystyrol (PS) oder ein Polypropylen (PP) etc. und/oder ein technisches Thermoplast wie Polyamid (PA) oder Polybutylenterephthalat (PBT) etc. oder als Hochtemperaturthermoplasten ein Polyetherimid (PEI), ein Polyphenylensulfid (PPS), ein teilaromatisches Polyamid etc. Selbstverständlich können auch alle gängigen Blends und thermoplastischen Elastomere eingesetzt werden.

Unter einer niedrig schmelzenden Metallegierung wird eine metallische Verbindung verstanden, deren Schmelzpunkt bzw. Schmelzbereich zwischen 100°C und 400°C, vorzugsweise zwischen 100 °C und 300 °C liegt. Für Hochtemperaturthermoplaste, die teilweise Verarbeitungstemperaturen von > 400 °C erfordern, können auch Metallverbindungen mit einem Schmelzpunkt/Schmelzbereich von > 300 °C Anwendung finden. Sowohl niedrig schmelzende Metallegierungen mit einem Schmelzbereich als auch solche mit einem Schmelzpunkt können erfindungsgemäß eingesetzt werden. Die metallische Verbindung um-

fasst im wesentlichen Metalle, kann aber beliebige Zusätze, insbesondere auch nichtmetallische Zusätze und Additive haben.

- 5 Ein Merkmal der niedrig schmelzenden Metalllegierung mit Schmelzpunkt ist ein unmittelbarer und drastischer Viskositätsabfall auf  $< 50 \text{ mPa s}$  beim Überschreiten des Schmelzpunktes. Diese extrem niedrige, fast wasserähnliche Viskosität trägt im Compound entscheidend zum hohen Fließvermögen bei
- 10 hohen Füllgraden an Füllstoff bei. Bei einer niedrig schmelzenden Metalllegierung (Lotverbindung) mit einem Schmelzbereich fällt die Viskosität im Schmelzbereich kontinuierlich ab und erreicht erst nach Überschreiten des Schmelzbereichs einen Wert  $< 50 \text{ mPa s}$ . Erfindungsgemäß können sowohl niedrig
- 15 schmelzende Metallverbindungen mit einem Schmelzpunkt als auch solche mit einem Schmelzbereich eingesetzt werden. Bevorzugt werden niedrig schmelzende Metallverbindungen eingesetzt, die frei von Schwermetall, insbesondere solche, die bleifrei sind, also unter toxikologischen Gesichtspunkten un-
- 20 bedenklich sind. Beispielhaft eingesetzte niedrig schmelzende Metallverbindungen enthalten zumindest auch Zinn, Zink und/oder Wismut.

- Je nach Anforderung können die Anteile an niedrig schmelzender Metallegierung und elektrisch leitfähigen Füllstoff in
- 25 einem weiten Bereich variiert werden, allgemein zwischen 1 bis  $> 95 \text{ Gew.-%}$ , insbesondere zwischen 10 und 80 Gew-% und zwischen 20 und 75 Gew-%.

- 30 Zur Erreichung der höchsten Leitfähigkeit hat sich gezeigt, daß der Anteil der niedrig schmelzenden Metalllegierung zwischen 20 und 50 Gew.-%, vorteilhafterweise zwischen 22 und 48 Gew-% und insbesondere bevorzugt zwischen 25 und 45 liegen sollte.

- 35 Der Anteil an leitfähigen Füllstoffe(n) beträgt bevorzugt zwischen 30 und 70 Gew.-%, insbesondere bevorzugt zwischen 33

und 68 Gew-% und insbesondere bevorzugt zwischen 35 und 65 Gew-% . Der Füllstoff kann aus reinen Fasern und/oder Partikeln, sowie aus Mischungen verschiedener Fasern und/oder Partikel oder aus Kombinationen von einheitlichen oder gemischten Fasern und/oder einheitlichen oder gemischten Partikel bestehen. Die Begriffe "einheitlich" und "gemischt" können sich sowohl auf die materielle Zusammensetzung als auch die Partikelform oder -größe beziehen.

Der Gesamtanteil der leitfähigen Komponenten (niedrig schmelzende Metallverbindung und/oder Füllstoff) beträgt in der Regel  $\geq 60$  Gew-%, bevorzugt  $\geq 70$  Gew.-%, insbesondere bevorzugt  $\geq 80$  Gew-%, wobei bis zu  $>95$  Gew-% erreicht werden. Damit werden spezifische Durchgangswiderstände  $\leq 10^{-3} \Omega \text{ cm}$  erreicht. Ebenso gut können hohe thermisch Leitfähigkeiten erreicht werden. Die Anforderungen an die Leitfähigkeiten (elektrisch/thermisch) richten sich nach dem Einsatzgebiet des Hybrids und können in weiten Grenzen variieren. Die Angabe der Leitfähigkeiten soll die Erfindung jedoch in keiner Weise einschränken.

Insbesondere wenn als leitfähiger Füllstoff Kupferfasern eingesetzt werden, kommt es in Kombination mit der niedrig schmelzenden Metalllegierung zu einer "Verlötung" der Cu-Fasern, die auch im abgekühlten, erstarrten Zustand erhalten bleibt. Dies hat den besonderen Vorteil bei einem späteren Bauteil oder Formkörper, der Temperaturwechseln ausgesetzt ist, dass die "Kontaktierung des Fasernetzwerks" und damit die Leitfähigkeit voll erhalten bleibt.

Hervorzuheben ist, dass sich diese Compounds mit einem Gesamtanteil an leitfähigen Komponenten (niedrig schmelzende Metallverbindung + Füllstoff) von  $\geq 80$  Gew.-% noch im Spritzgießverfahren verarbeiten lassen. Dies wird nur durch die Kombination der beiden leitfähigen Komponenten im Thermoplasten erreicht.

Durch die niedrigen spezifischen Durchgangswiderstände wird das Entstehen von Verlustwärme in Bauteilen stark begrenzt, die überdies in Kombination mit der hohen thermischen Leitfähigkeit der Compounds, die bevorzugt über 5 W/mK und bis zu  
5 > 10 W/(mK) beträgt, sehr effektiv abgeführt wird (die Kühlung der elektronischen Bauteile ist eines der dringendsten Probleme der Mikroelektronik).

Vorteilhafterweise wird der Werkstoff bei einer Temperatur  
10 hergestellt und verarbeitet, bei der sowohl die niedrig schmelzende metallische Legierung als auch der Thermoplast in schmelzflüssigem Zustand vorliegen. Diese Schmelzlegierung, eine anorganische und eine organische Komponente umfassend, besitzt eine extrem hohe Fließfähigkeit, so dass noch Füll-  
15 stoffe, also Partikel und/oder Fasern zu einem hohen Gewichtsanteil zugeschlagen werden können, ohne die guten Fließ- bzw. Verarbeitungseigenschaften zu verlieren, das heißt ohne einen zu starken Anstieg der Viskosität zu bewirken.

20 Die Herstellung der Compounds kann sowohl diskontinuierlich auf einem Knetter als auch kontinuierlich auf einem Extruder erfolgen. Die Messung des spezifischen Durchgangswiderstandes (s. Ausführungsbeispiele) wurde an Probekörpern mit den Abmaßen  
25 50 x 6 x 4 mm durchgeführt, die im Spritzgießverfahren hergestellt wurden.

---

Die aus dem erfindungsgemäßen Hybrid hergestellten Formkörper werden durch die üblichen Kunststoffformgebungsprozesse wie  
30 Spritzguss, Extrusion, Tiefziehen, etc. produziert.

#### Ausführungsbeispiele

35 Kunststoff: Polyamid 6 (PA 6)

Niedrig schmelzende Metallegierung: MCP 200 der Firma HEK GmbH, Lübeck, Deutschland, Schmelzpunkt 200 °C

Zuschlagstoff: Kupferfaser; Länge ca. 2 mm, Dicke ca. 80  $\mu\text{m}$

1.1 Zusammensetzung Compound in Gewichtsprozent:

5 PA 6 : MCP 200 : Cu-Faser = 20 : 20 : 60  
 Spezifischer Durchgangswiderstand:  $2,7 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$   
 Spezifische Leitfähigkeit:  $3,7 \times 10^2 \text{ 1}/(\Omega \text{ cm})$

1.2 Zusammensetzung Compound in Gewichtsprozent:

10 PA 6 : MCP 200 : Cu-Faser = 15 : 25 : 60  
 Spezifischer Durchgangswiderstand:  $6,3 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$   
 Spezifische Leitfähigkeit:  $1,6 \times 10^3 \text{ 1}/(\Omega \text{ cm})$

1.3 Zusammensetzung Compound in Gewichtsprozent:

15 PA 6 : MCP 200 : Cu-Faser = 10 : 35 : 55  
 Spezifischer Durchgangswiderstand:  $5,4 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}$   
 Spezifische Leitfähigkeit:  $1,8 \times 10^4 \text{ 1}/(\Omega \text{ cm})$   
 Thermische Leitfähigkeit:  $10,5 \text{ W}/(\text{mK})$   
 Elektromagnetische Schirmdämpfung:  $> 100 \text{ dB}$

20 Kunststoff: Polyamid 6 (PA 6)

Niedrig schmelzende Metallegierung: MCP 200, Schmelzpunkt 200  $^{\circ}\text{C}$

Zuschlagstoff: Stahlfaser; Länge ca. 4 mm, Dicke ca. 10  $\mu\text{m}$

2.1 Zusammensetzung Compound in Gewichtsprozent:

25 PA 6 : MCP 200 : Stahlfaser = 20 : 30 : 50  
 Spezifischer Durchgangswiderstand:  $1,09 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$   
 Spezifische Leitfähigkeit:  $9,2 \times 10^1 \text{ 1}/(\Omega \text{ cm})$

30 Kunststoff: Polyamid 6 (PA 6)

Niedrig schmelzende Metallegierung: MCP 220, Schmelzbereich 97 - 300  $^{\circ}\text{C}$

35 Zuschlagstoff: Kupferfaser; Länge ca. 2 mm, Dicke ca. 80  $\mu\text{m}$

Zusammensetzung Compound in Gewichtsprozent:

PA 6 : MCP 220 : Cu-Faser = 10 : 35 : 55

Spezifischer Durchgangswiderstand:  $1,09 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$

Spezifische Leitfähigkeit:  $9,16 \times 10^3 \text{ 1}/(\Omega \text{ cm})$

5

3.1 Kunststoff: Polyamid 6 (PA 6)

Niedrig schmelzende Metallegierung: MCP 200 A, Schmelzbereich 197 - 208 °C

Zuschlagstoff: Kupferfaser; Länge ca. 2 mm, Dicke ca. 80 µm

10

Zusammensetzung Compound in Gewichtsprozent:

PA 6 : MCP 200 A : Cu-Faser = 10 : 30 : 60

Spezifischer Durchgangswiderstand:  $1,4 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$

15 Spezifische Leitfähigkeit:  $7,1 \times 10^3 \text{ 1}/(\Omega \text{ cm})$

3.2 Kunststoff Polyamid 6 (PA 6)

Niedrig schmelzende Metallegierung: MCP 200 B, Schmelzbereich 197 - 225 °C

Zuschlagstoff: Kupferfaser; Länge ca. 2 mm, Dicke ca. 80 µm

20

Zusammensetzung Compound in Gewichtsprozent:

PA 6 : MCP 200 B : Cu-Faser = 10 : 30 : 60

25 Spezifischer Durchgangswiderstand:  $2,6 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$

Spezifische Leitfähigkeit:  $4,7 \times 10^3 \text{ 1}/(\Omega \text{ cm})$

Kunststoff: Polyamid 6 (PA 6)

Niedrig schmelzende Metallegierung: MCP 200, Schmelzpunkt 200 °C

30

Zuschlagstoff: Kupferfaser; Länge ca. 2 mm, Dicke ca. 80 µm

Zuschlagstoff: Stahlfaser; Länge ca. 4 mm, Dicke ca. 10 µm



Zusammensetzung Compound in Gewichtsprozent:

PA 6 : MCP 200 : Cu-Faser : Stahlfaser = 15 : 25 : 30 : 30

Spezifischer Durchgangswiderstand:  $5,3 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$

Spezifische Leitfähigkeit:  $1,89 \times 10^2 \text{ 1}/(\Omega \text{ cm})$

5

Kunststoff: Polyamid 6 (PA 6)

Niedrig schmelzende Metallegierung: MCP 200, Schmelzpunkt  
200 °C

Zuschlagstoff: Kupferkugel;  $\varnothing$  ca. 32  $\mu\text{m}$

10

Zusammensetzung Compound in Gewichtsprozent:

PA 6 : MCP 200 : Cu-Kugel = 10 : 15 : 75

Spezifischer Durchgangswiderstand:  $6,0 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$

Spezifische Leitfähigkeit:  $1,67 \times 10^1 \text{ 1}/(\Omega \text{ cm})$

15

Kunststoff: Polyamid 6 (PA 6)

Niedrig schmelzende Metallegierung: MCP 200, Schmelzpunkt  
200 °C

Zuschlagstoff: Kupferfaser; Länge ca. 2 mm,

20

Dicke ca. 80  $\mu\text{m}$

Zuschlagstoff: Kupferkugel;  $\varnothing$  ca. 32  $\mu\text{m}$

Zusammensetzung Compound in Gewichtsprozent:

PA 6 : MCP 200 : Cu-Faser : Cu-Kugel = 15 : 15 : 60 : 10

25

Spezifischer Durchgangswiderstand:  $2,89 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$

Spezifische Leitfähigkeit:  $3,46 \times 10^2 \text{ 1}/(\Omega \text{ cm})$

Kunststoff: Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer (ABS)

Niedrig schmelzende Metallegierung: MCP 200 A, Schmelzbe-  
reich 197-208 °C

30

Zuschlagstoff: Kupferfaser; Länge ca. 2 mm, Dicke ca. 80  
 $\mu\text{m}$

Zusammensetzung Compound in Gewichtsprozent:

35

ABS : MCP 200 : Kupferfaser = 25 : 35 : 40

Spezifischer Durchgangswiderstand:  $7,4 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$

Spezifische Leitfähigkeit:  $1,4 \times 10^2 \text{ 1}/(\Omega \text{ cm})$

Kunststoff: Polyphenylensulfid (PPS)

Niedrig schmelzende Metallegierung: MCP 200, Schmelzpunkt  
200 °C

5 Zuschlagstoff: Kupferfaser; Länge ca. 2 mm,  
Dicke ca. 80 µm

Zusammensetzung Compound in Gewichtsprozent:

PPS : MCP 200 : Kupferfaser = 15 : 35 : 50

10 Spezifischer Durchgangswiderstand:  $4,3 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}$

Spezifische Leitfähigkeit:  $2,3 \times 10^4 \text{ 1}/(\Omega \text{ cm})$

Kunststoff: Polyamid 66 (PA 66)

15 Niedrig schmelzende Metallegierung: MCP 200, Schmelzpunkt  
200 °C

Zuschlagstoff: Kupferfaser; Länge ca. 2 mm,  
Dicke ca. 80 µm

Zusammensetzung Compound in Gewichtsprozent:

20 PA 66 : MCP 200 : Kupferfaser = 20 : 25 : 55

Spezifischer Durchgangswiderstand:  $1,8 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$

Spezifische Leitfähigkeit:  $5,6 \times 10^2 \text{ 1}/(\Omega \text{ cm})$

Kunststoff: Polyetherimid (PEI)

25 Niedrig schmelzende Metallegierung: MCP 220, Schmelzbe-  
reich 97-300 °C

Zuschlagstoff: Kupferfaser; Länge ca. 2 mm,  
Dicke ca. 80 µm

30 Zusammensetzung Compound in Gewichtsprozent:

PEI : MCP 220 : Kupferfaser = 25 : 30 : 45

Spezifischer Durchgangswiderstand:  $9,3 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$

Spezifische Leitfähigkeit:  $1,1 \times 10^3 \text{ 1}/(\Omega \text{ cm})$

35

Mit den beschriebenen Compounds werden spezifische Durch-  
gangswiderstände erreicht, die in der Größenordnung von rei-

nen metallischen Leitern liegen. Durch die gleichzeitig hohe Fließfähigkeit der Compounds eröffnet sich ein innovatives Anwendungsspektrum unter anderem im Bereich des Mikrospritzgießens, des 2-Komponenten-Spritzgießens (2-K-Spritzgießen), der Mechatronik, der Kontaktierung und der Bauteilmontage. So können z.B. Leiterbahnen im 2-K-Spritzgießverfahren direkt in ein Bauteil integriert werden was z.B. bei der Herstellung von 3D-MID Bauteilen völlig neue Perspektiven eröffnet. Weiterhin kann am Bauteil direkt die Kontaktierung integriert werden durch z.B. durch eine direkte Kabelumspritzung. In diesem Falle entfällt die Kabelkontaktierung durch einen Schraub-, Klemm- oder Lötprozeß. Möglich ist auch die Integration von Kontaktpins am Bauteil über den Spritzgießprozess. Neue Möglichkeiten bieten sich auch bei der Montage von Bauelementen (Dioden, Kondensatoren, Chips etc.) auf Leiterplatten und Leiterbahnen. Da die neuen Compounds einen hohen Anteil einer niedrig schmelzenden Metallverbindung haben, können die Bauelemente einfacher montiert werden z.B. durch direktes Anlöten von Kontakten mit Lot, oder durch Vorwärmung der Pins und einfaches Eindrücken oder durch punktuell Aufheizen (z.B. Laser) der Leiterbahnen im Montagebereich und anschließendes Aufsetzen der Bauelemente.

Interessant sind die neuen Compounds auch für Bauteile und Geräte, an die die Forderung einer hohen elektromagnetischen Abschirmung gestellt wird. Zum einen wird die Schirmwirkung durch die oben angesprochenen "Verlötung" der Metallfasern dauerhaft sichergestellt auch bei Temperaturwechselbeanspruchung, was bei den heute verfügbaren Compounds ein großes Problem darstellt. Zum anderen kann sie spritzgießtechnisch bei der Bauteilherstellung realisiert werden, d.h. ein nachträgliches Montieren von z.B. Schirmblechen entfällt. Ein weiteres Problem von Schirmgehäusen aus handelsüblichen Compounds ist die schlechte Kontaktierungsmöglichkeit der Gehäuse bedingt durch die niedrige elektrische Leitfähigkeit. Durch die extrem hohe elektrische Leitfähigkeit der neuen

Compounds läßt sich eine einfache und vor allem zuverlässige Kontaktierung realisieren.

5 Durch die hohe thermische Leitfähigkeit und die Variationsmöglichkeiten in der Formgebung können die neuen Hybride auch bei der Wärmeableitung eingesetzt werden.

Verwendungen in der Elektronik, Elektrotechnik, bei elektromagnetischen Bauteilen, in der Wärmeableitung etc sind möglich. Beispielsweise kann das Hybrid bei Leiterbahnen, Kontaktpins, Thermosicherungen, Kabelkontaktierungen, EMS etc. eingesetzt werden.

15 Die Erfindung betrifft ein Metall-Kunststoff-Hybrid sowie einen daraus hergestellten Formkörper. Durch die Kombination von metallischen Zusätzen im Kunststoff wird hier erstmals gezeigt, dass sich spezifische Durchgangswiderstände von kleiner  $10^{-2} \Omega\text{cm}$  bei gleichzeitig guter Verarbeitbarkeit der Compounds im Spritzgießprozess realisieren lassen. Weiterhin  
20 können auch andere Formgebungsprozesse wie Extrusion, Tiefziehen etc. für die Compounds zur Anwendung kommen.

Mit Hilfe der Erfindung ist es erstmals möglich, thermoplastische Compounds herzustellen, die einen spezifischen Durchgangswiderstand von kleiner  $10^{-2} \Omega\text{cm}$  haben und z.B. im  
25 Spritzgießverfahren verarbeitbar sind. Ebenso werden mit der Erfindung erstmals Anwendungen wie gespritzte Leiterbahnen und/oder Kontaktpins und/oder Kabelkontaktierung durch direktes Umspritzen etc. mit diesen Compounds realisierbar.

30

## Patentansprüche

1. Metall-Kunststoff-Hybrid, das einen Thermoplasten, eine  
im Bereich zwischen 100°C und 400 °C schmelzende Metall-  
5 verbindung und einen elektrisch leitenden und/oder metal-  
lischen Füllstoff umfasst.
2. Metall-Kunststoff-Hybrid nach Anspruch 1, wobei der An-  
teil der im Bereich zwischen 100°C und 400°C schmelzenden  
10 Metalllegierung und dem elektrisch leitenden und/oder me-  
tallischen Füllstoff  $\geq 60$  Gew-% beträgt.
3. Metall-Kunststoff-Hybrid nach einem der vorstehenden An-  
sprüche, das einen spezifischen Durchgangswiderstand von  
15 kleiner  $10^{-2} \Omega\text{cm}$  und/oder eine thermische Leitfähigkeit  
von  $> 5\text{W/mK}$  hat.
4. Metall-Kunststoff-Hybrid nach einem der vorstehenden An-  
sprüche, wobei der elektrisch leitende und/oder metalli-  
20 sche Füllstoff faser- und/oder partikelförmig ist und ein  
Metall, eine Metalllegierung, Ruß, Kohlefaser und/oder  
ein intrinsisch leitfähiges Polymer umfasst.
5. Metall-Kunststoff-Hybrid nach einem der vorstehenden An-  
25 sprüche, wobei die Länge der Faser zwischen 1 - 10 mm,  
die Dicke  $< 100 \mu\text{m}$  und/oder die Größe der Partikel  
 $< 100 \mu\text{m}$  beträgt.
6. Metall-Kunststoff-Hybrid nach einem der vorstehenden An-  
30 sprüche Metall-Kunststoff-Hybrid nach einem der vorste-  
henden Ansprüche, bei dem die im Bereich zwischen 100°C  
und 400°C schmelzende Metallverbindung Anteile an Wismut,  
Zink und/oder Zinn umfasst.
- 35 7. Formkörper, hergestellt durch einen üblichen Kunststoff-  
formgebungsprozess, der zumindest zum Teil aus einem Me-  
tall-Kunststoff-Hybrid hergestellt ist, wobei das Metall-

Kunststoff-Hybrid einen Thermoplasten, eine im Bereich zwischen 100°C und 400 °C schmelzende Metallverbindung und einen elektrisch leitenden und/oder metallischen Füllstoff umfasst.

5

8. Verwendung eines Hybrids nach einem der Ansprüche 1 bis 6 in der Elektrotechnik, Elektronik, bei elektromagnetischen Bauteilen und/oder zur Wärmeableitung.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/053381

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01B1/22 B29C70/88 C08K3/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01B B29C C08K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 882 227 A (IWASE ET AL) 21 November 1989 (1989-11-21) column 2, line 16 - line 19; claims 1,2,27; example 2	1-8
X	EP 0 942 436 A (TOGO SEISAKUSHO CORPORATION) 15 September 1999 (1999-09-15) paragraph '0038!; claims 1,3,5; table 2	1-8
X	US 5 554 678 A (KATSUMATA ET AL) 10 September 1996 (1996-09-10) abstract; tables 1,2	1-8
X	US 6 274 070 B1 (TANIGAKI TSUYOSHI ET AL) 14 August 2001 (2001-08-14) column 3, line 35 - line 58 column 4, line 49 - line 56	1-8
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 March 2005

Date of mailing of the international search report

21/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3018

Authorized officer

Attalla, G

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter  
national Application No  
PCT/EP2004/053381

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 355 (E-1109), 9 September 1991 (1991-09-09) & JP 03 138808 A (TOSHIBA CHEM CORP), 13 June 1991 (1991-06-13) abstract	1-8
A	US 4 533 685 A (HUDGIN ET AL) 6 August 1985 (1985-08-06) figure 7	1-8



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter-  
national Application No  
PCT/EP2004/053381

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4882227	A	21-11-1989	JP 1918646 C	07-04-1995
			JP 6047254 B	22-06-1994
			JP 63218309 A	12-09-1988
			JP 1918647 C	07-04-1995
			JP 6047255 B	22-06-1994
			JP 63218310 A	12-09-1988
			JP 1610220 C	15-07-1991
			JP 2037120 B	22-08-1990
			JP 63227000 A	21-09-1988
			JP 1712159 C	11-11-1992
			JP 2012986 B	03-04-1990
			JP 63235368 A	30-09-1988
			JP 1712160 C	11-11-1992
			JP 2012987 B	03-04-1990
			JP 63238162 A	04-10-1988
			JP 1712161 C	11-11-1992
			JP 2012988 B	03-04-1990
			JP 63238163 A	04-10-1988
			JP 1198665 A	10-08-1989
			JP 2030946 C	19-03-1996
			JP 7049491 B	31-05-1995
			DE 3885487 D1	16-12-1993
			DE 3885487 T2	24-03-1994
			EP 0283844 A1	28-09-1988
EP 0942436	A	15-09-1999	DE 69902957 D1	24-10-2002
			DE 69902957 T2	11-09-2003
			EP 0942436 A1	15-09-1999
			JP 3525071 B2	10-05-2004
			JP 11329074 A	30-11-1999
			JP 2004047470 A	12-02-2004
			US 6573322 B1	03-06-2003
US 5554678	A	10-09-1996	JP 2956875 B2	04-10-1999
			JP 7312498 A	28-11-1995
			DE 19518541 A1	23-11-1995
US 6274070	B1	14-08-2001	US 6096245 A	01-08-2000
			DE 19835613 A1	24-02-2000
			JP 3557831 B2	25-08-2004
			JP 10237315 A	08-09-1998
JP 03138808	A	13-06-1991	NONE	
US 4533685	A	06-08-1985	AT 47415 T	15-11-1989
			AU 575836 B2	11-08-1988
			AU 2996984 A	31-01-1985
			CA 1254331 A1	16-05-1989
			DE 3480211 D1	23-11-1989
			EP 0132739 A1	13-02-1985
			JP 61069869 A	10-04-1986
			JP 60058467 A	04-04-1985
			US 4582872 A	15-04-1986
			ZA 8404945 A	26-02-1986

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte: iales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/053381

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 H01B/22 B29C70/88 C08K3/08		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 H01B B29C C08K		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 882 227 A (IWASE ET AL) 21. November 1989 (1989-11-21) Spalte 2, Zeile 16 - Zeile 19; Ansprüche 1,2,27; Beispiel 2	1-8
X	EP 0 942 436 A (TOGO SEISAKUSHO CORPORATION) 15. September 1999 (1999-09-15) Absatz '0038!; Ansprüche 1,3,5; Tabelle 2	1-8
X	US 5 554 678 A (KATSUMATA ET AL) 10. September 1996 (1996-09-10) Zusammenfassung; Tabellen 1,2	1-8
X	US 6 274 070 B1 (TANIGAKI TSUYOSHI ET AL) 14. August 2001 (2001-08-14) Spalte 3, Zeile 35 - Zeile 58 Spalte 4, Zeile 49 - Zeile 56	1-8
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  <b>11. März 2005</b>		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts  <b>21/03/2005</b>
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  <b>Attalla, G</b>

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte: 1ales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/053381

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 015, Nr. 355 (E-1109), 9. September 1991 (1991-09-09) & JP 03 138808 A (TOSHIBA CHEM CORP), 13. Juni 1991 (1991-06-13) Zusammenfassung	1-8
A	US 4 533 685 A (HUDGIN ET AL) 6. August 1985 (1985-08-06) Abbildung 7	1-8

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter

les Aktenzeichen

PCT/EP2004/053381

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4882227	A	21-11-1989	JP	1918646 C	07-04-1995
			JP	6047254 B	22-06-1994
			JP	63218309 A	12-09-1988
			JP	1918647 C	07-04-1995
			JP	6047255 B	22-06-1994
			JP	63218310 A	12-09-1988
			JP	1610220 C	15-07-1991
			JP	2037120 B	22-08-1990
			JP	63227000 A	21-09-1988
			JP	1712159 C	11-11-1992
			JP	2012986 B	03-04-1990
			JP	63235368 A	30-09-1988
			JP	1712160 C	11-11-1992
			JP	2012987 B	03-04-1990
			JP	63238162 A	04-10-1988
			JP	1712161 C	11-11-1992
			JP	2012988 B	03-04-1990
			JP	63238163 A	04-10-1988
			JP	1198665 A	10-08-1989
			JP	2030946 C	19-03-1996
			JP	7049491 B	31-05-1995
			DE	3885487 D1	16-12-1993
			DE	3885487 T2	24-03-1994
			EP	0283844 A1	28-09-1988
EP 0942436	A	15-09-1999	DE	69902957 D1	24-10-2002
			DE	69902957 T2	11-09-2003
			EP	0942436 A1	15-09-1999
			JP	3525071 B2	10-05-2004
			JP	11329074 A	30-11-1999
			JP	2004047470 A	12-02-2004
			US	6573322 B1	03-06-2003
US 5554678	A	10-09-1996	JP	2956875 B2	04-10-1999
			JP	7312498 A	28-11-1995
			DE	19518541 A1	23-11-1995
US 6274070	B1	14-08-2001	US	6096245 A	01-08-2000
			DE	19835613 A1	24-02-2000
			JP	3557831 B2	25-08-2004
			JP	10237315 A	08-09-1998
JP 03138808	A	13-06-1991	KEINE		
US 4533685	A	06-08-1985	AT	47415 T	15-11-1989
			AU	575836 B2	11-08-1988
			AU	2996984 A	31-01-1985
			CA	1254331 A1	16-05-1989
			DE	3480211 D1	23-11-1989
			EP	0132739 A1	13-02-1985
			JP	61069869 A	10-04-1986
			JP	60058467 A	04-04-1985
			US	4582872 A	15-04-1986
			ZA	8404945 A	26-02-1986